

PENELITIAN TEMPERATUR PERMUKAAN DAN EMISI GAS KARBONDIOKSIDA (CO₂) UNTUK MENGAJI KEBOLEHJADIAN ADANYA PANASBUMI DI SISI LERENG UTARA GUNUNG MERBABU JAWA TENGAH

Oleh :

Satria Irvan Nugraha¹, Dr. Eng. Udi Harmoko¹, Rina Dwi Indriana, M.Si¹

1. Fisika Universitas Diponegoro

2008

Abstract

Temperature data and carbon dioxide (CO₂) gas surface emission researches at north flank of mount Merbabu have been carried out. The major purpose of this research was to know possibility of geothermal potential in mount Merbabu.

The data acquisitions of temperature and surface carbon dioxide (CO₂) gas emission at October 3-4 2007, started from 08:00 Am to 04:00 pm covered 17 point, from coordinate 110°25'42,4" BT to 110°25'50,5" BT and 7°23'38,3" LS to 7°25'42,2" LS, each point was carried out in 75cm until 100cm hole from soil surface. Data measurement used thermocouple sensor and soil carbon (CO₂) dioxide measurement instruments.

The research results are graphic show the existence of increasing temperature and carbon dioxide (CO₂) gas emission data. The temperature increases for elevation more than 1600 m to 2062 m above sea level, while increasing the gasses carbon dioxide (CO₂) emission for elevation more than 1457 m to 1573 m above the sea level. The increasing for temperature and gasses carbon dioxide (CO₂) emission indicate the possibility of geothermal potential researches at north flank of Merbabu volcano

Keyword: temperature, carbon dioxide (CO₂) gas emission, geothermal.

PENDAHULUAN

Indonesia tergolong sebagai daerah vulkanik teraktif di dunia, sehingga memiliki potensi energi panasbumi yang cukup besar. Potensi energi panasbumi di Indonesia terdapat di sepanjang pulau Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Maluku dan Sulawesi. Potensi energi panasbumi yang dimiliki Indonesia tidak kurang dari 40% total energi panasbumi di dunia atau sebesar 25.875 Mwatt atau setara dengan 12,37 milyar barel minyak.

Salah satu wilayah yang mungkin memiliki potensi sumber panasbumi yang dapat dimanfaatkan adalah gunung Merbabu. Gunung Merbabu terakhir

meletus pada tahun 1797 (Padang 1951). Menurut Donald (1972), gunung Merbabu meletus pada tahun 1797 melalui erupsi samping dan erupsi pusat.

Gunung Merbabu yang tidak aktif perlu diteliti untuk mengetahui sumber panasbumi yang berada di bawah permukaan. Dengan melihat kondisi gunung Merbabu yang memenuhi persyaratan sebagai daerah yang memiliki potensi panasbumi, maka dilakukan penelitian dari data karbondioksida (CO₂) dan temperatur permukaan. Hasil yang diharapkan dari penelitian ini adalah dapat

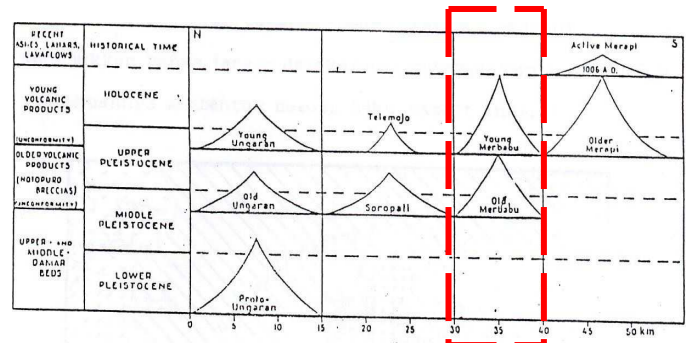
mengetahui kebolehdjian adanya potensi panasbumi di sisi lereng utara gunung Merbabu, sehingga berguna untuk keperluan eksplorasi dan eksploitasi lanjut.

TINJAUAN GEOLOGI

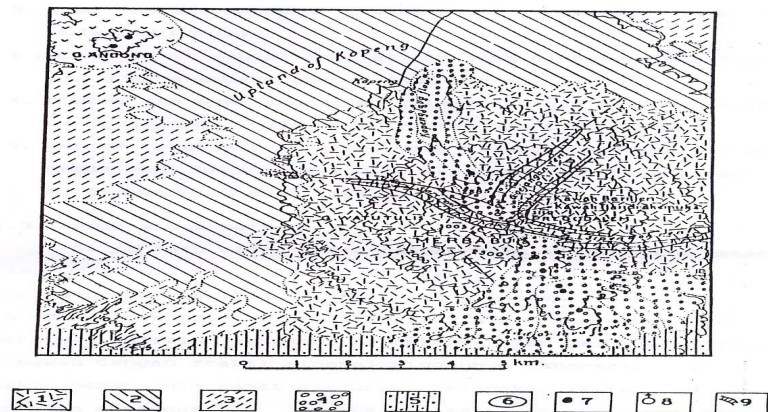
Gunung Merbabu terbentuk pada batuan dasar berupa endapan laut yang belum mengalami pemadatan berumur *pretertiary*. Batuan dasar tertutup oleh endapan *alluvial* Soropati setebal 5 km di bawah permukaan laut berumur *neotertiary*, yang biasa disebut *neogene basement* (Bemmelen, 1949).

Dalam generasi pembentukan gunung Merbabu dari hasil erupsi gunung Merbabu dapat dibagi menjadi dua seperti yang ditunjukkan pada (gambar 1), yaitu generasi Merbabu tua dan generasi Merbabu muda. Generasi Merbabu tua menghasilkan endapan vulkanik berupa breksi. Breksi vulkanik membentuk suatu formasi yaitu breksi Notopuro yang terbentuk pada akhir *middle Pleistocene* sampai *upper Pleistocene*. Generasi Merbabu muda menghasilkan batuan beku *basalt andesit* yang seumur dengan generasi Merapi tua yang terbentuk pada akhir *upper Pleistocene* sampai *holocene*. Hasil pembekuan erupsi Merbabu muda membentuk struktur radial pada arah tenggara barat laut dan juga timur laut yang tampak jelas di puncak kerucut gunung Merbabu (gambar 2). Bentuk struktur radial itu terbentuk karena lubang aliran magmanya yang menerobos daerah *graben* (yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan yang lain) mengalami penyumbatan oleh material vulkanik (hasil erupsi generasi tua), material vulkanik didorong oleh desakan magma di bawahnya, sehingga terjadi perekahan secara radial

pada daerah yang lemah. Hasil erupsi ini hanya mengisi celah-celah rekahan tersebut. Hasil pembekuannya membentuk batuan beku *basalt andesit* (Bemmelen, 1949).



Gambar 1. Urutan terbentuknya deretan gunung Ungaran sampai Merapi (Bemmelen, 1949).



Gambar 2. Penyebaran batuan di gunung Merbabu (Bemmelen, 1949).

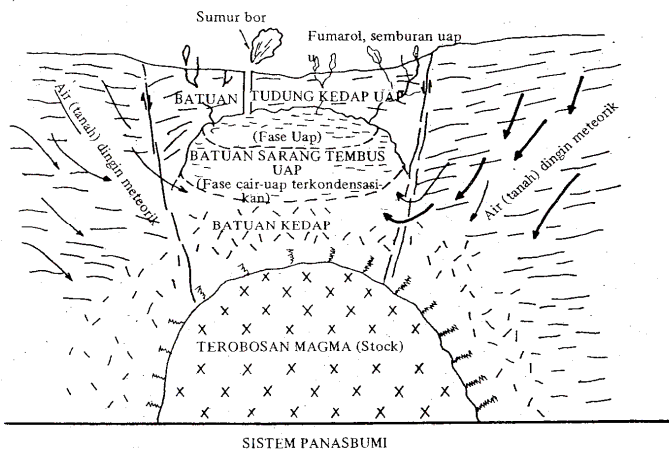
Keterangan:

1. Kerucut utama magma Merbabu (basalt, andesit, dan breksi).
2. Kaki kerucut Merbabu (sebagian besar lahar-breksi dan sedikit aliran lava beku).
3. Tanah tinggi Kopeng, tertutup oleh endapan abu vulkanik.
4. Aliran lava Merbabu yang termuda.
5. Kaki Merapi Merbabu (celah Selo), tertutup oleh abu vulkanik Merapi dan
6. Dan 7. Pusat erupsi dari aliran lava di Kopeng dan Kajor, dan gunung Andong (barat laut Merbabu).

8. Sumber gas asam arang *mofettes* dan gas hidrogen *sulfida* (*solfatara*) pada kawah Bancen dan Condrokemuko.
9. Sektor *graben* (radial), yang disebabkan oleh desakan magma yang mendorong lubang kepundan mengalami penyumbatan lava.

DASAR TEORI

Panasbumi. diartikan sebagai suhu bumi yang membentuk suatu sistem yang disebut dengan sistem panasbumi. Sistem panasbumi merupakan sistem hidrotermal yang terdiri dari sistem tata air, proses pemanasan dan sistem *reservoir*. Syarat terbentuknya sistem panasbumi adalah tersedianya air, batuan pemanas, batuan sarang, dan batuan penudung (gambar, 3)(Alzwar dkk,1988).



Gambar 3. Sistem panasbumi (Alzwar dkk, 1988).

Batuan pemanas berfungsi sebagai sumber pemanas air, yang dapat berwujud tubuh terobosan granit maupun bentuk-bentuk *batholit* lainnya. Panas yang ditimbulkan oleh pergerakan sesar aktif berfungsi sebagai fungsi panas. Batuan sarang berfungsi sebagai penampung air yang telah terpanasi atau uap yang telah terbentuk. Volume kesarangan batuan cadangan ini ikut menentukan jumlah cadangan air panas atau uap. Batuan penudung lebih berfungsi sebagai penutup kumpulan air panas atau uap sehingga tidak

merembes keluar. Syarat dari batuan penutup ini adalah sifatnya yang tidak mudah ditembus atau dilalui cairan atau uap (Alzwar dkk, 1988).

Umumnya sumber panas bumi terdapat di daerah jalur gunungapi, sehingga yang menjadi sumber panas adalah magma atau batuan yang

telah mengalami radiasi panas dari magma. Pada jalur gunungapi, sumber panas yang terbentuk relatif agak dangkal, sehingga daerah-daerah panasbumi yang dipermukaan teramati sebagai sumber-sumber air panas, lapangan *fumarol*, *solfatar*, kubangan lumpur panas, *steaming ground*, *hot ground* atau daerah ubahan geothermal (Alzwar dkk,1988).

Solfatar adalah hembusan gas belerang yang berasal dari magma maupun yang terdapat dalam sedimen, dimana endapan belerang yang merupakan sublimasi gas H_2S di sekitar daerah *solfatar* tersebut. Fumoral adalah hembusan gas dan uap air, uap air umumnya mengandung HCl , CO , HF , asam borak H_3PO_3 , NH_3 , hidrogen bebas dan sejumlah kecil gas-gas tak reaktif seperti argon (Alzwar dkk, 1988).

Aspek Geologis Pembentukan Sistem

Panasbumi. Proses geologi yang dimaksud adalah kegiatan magmatis dan proses pengangkatan. Kegiatan magma khususnya kegunungapian terwujud dalam bentuk-bentuk terobosan dan letusan gunungapi. Sedang proses pengangkatan akan mengakibatkan terbentuknya sesar di sepanjang jalur gunungapi. Proses pengangkatan menyebabkan daerah bersangkutan terangkat lebih tinggi dari daerah sekitarnya dan akan membentuk

sistem pegunungan yang berfungsi sebagai daerah penangkap air hujan (Alzwar dkk, 1988).

Unsur Pokok Gas-Gas Gunung Berapi. Unsur terbesar terdiri dari hidrogen (H), Karbon (C), Oksigen (O), sulfur (S), nitrogen (N), dan halogen termasuk chlorin (Cl), fluorin (F), dan bromin (Br). Unsur terkecil terdiri dari gas helium yang jarang (He), neon (Ne), argon (Ar), kripton (Kr), dan xenon (Xe) (Rittmann, 1962).

Persebaran Pembuangan Gas Pada Lereng Gunungapi. Sumber ini juga mungkin memancarkan secara signifikan sejumlah gas menuju atmosfer. Jenis-jenis gas yang dikeluarkan merupakan nonreaktif dan tidak mengandung jenis yang berasam tinggi (contoh SO_2 , HCL, HF). Jenis gas yang dikeluarkan juga cenderung untuk mengeluarkan temperatur rendah melalui tanah dan sumber mata air. Beberapa gas yang termasuk CO_2 dan He.

Air Dan Karbondioksida. Solubilitas mengacu pada jumlah maksimum jenis atau komponen volatil yang dapat larut di bawah kondisi tertentu, seperti tekanan, suhu dan komposisi lelehan. Pengukuran laboratorium dari solubilitas H_2O , CO_2 , S dan komponen volatil lain yang telah dilakukan untuk sejumlah komposisi lelehan yang berbeda. Solubilitas CO_2 dalam lelehan silikat sangatlah tergantung pada tekanan. Solubilitas CO_2 jauh lebih rendah daripada H_2O . Jumlah CO_2 yang dilarutkan baik ke dalam lelehan *basaltic* dan *rhyolitic* lebih kecil 50-100 kali beratnya dari pada solubilitas H_2O pada tekanan dan suhu yang dapat diperbandingkan. Karbondioksida yang dilarutkan dalam lelehan silikat dalam dua jenis yang berbeda,

namun berlawanan dengan air, spesiasinya dikontrol oleh komposisi lelehan silikat besar (Rittmann, 1962).

METODE

Penelitian dilakukan di daerah Kopeng (di sisi utara lereng gunung Merbabu Jawa Tengah). Lokasi penelitian pada koordinat $110^{\circ}25'42,4''$ BT hingga $110^{\circ}25'50,5''$ BT dan $7^{\circ}23'38,3''$ LS hingga $7^{\circ}25'42,2''$ LS. Ketinggian daerah penyelidikan mulai dari 1286 m hingga 2160 m dpl. Penelitian ini dilakukan dari tanggal 30 September hingga 4 Oktober 2007. Gambar 4 pada lampiran, yang menampilkan peta lokasi dan sketsa geologi lapangan penelitian. Untuk mengetahui hubungan temperatur terhadap ketinggian dan hubungan emisi gas karbondioksida (CO_2) terhadap ketinggian, pada ketinggian 1286 m dpl hingga 2160 m dpl di sisi lereng utara gunung Merbabu, dilakukan penelitian temperatur permukaan dan emisi gas karbondioksida (CO_2), diperoleh data antara lain:

Data emisi gas karbondioksida (CO_2). Data emisi gas karbondioksida (CO_2) permukaan dangkal merupakan data langsung yang diukur di daerah penelitian. Data emisi gas karbondioksida (CO_2) permukaan dangkal diukur pada setiap kenaikan 50 meter sampai dengan 100 meter. Data tersebut diolah dengan bantuan perangkat lunak *Excel 2003*. Pengambilan data emisi gas karbondioksida (CO_2) bertujuan untuk mengetahui perubahan nilai emisi karbondioksida (CO_2) terhadap ketinggian, disamping itu data karbondioksida (CO_2) juga digunakan untuk menentukan daerah anomali (CO_2) yang menunjukkan adanya bocoran fluida

panas berupa uap dari sistem hidrotermal yang melepaskan sejumlah karbondioksida (CO_2) melalui lapisan tanah di dekat permukaan yang kemungkinan berhubungan dengan adanya gas vulkanik dari bawah permukaan.

Data temperatur permukaan dangkal. Data temperatur permukaan dangkal yang dipergunakan adalah nilai temperatur permukaan yang diukur di dekat permukaan gunung Merbabu. Data temperatur diukur pada setiap kenaikan topografi 50 meter sampai dengan 100 meter. Pengambilan data temperatur permukaan dangkal bertujuan untuk mengetahui perubahan temperatur terhadap ketinggian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan Hasil Penelitian Temperatur Permukaan terhadap Ketinggian dan Kebolehjadian Panasbumi. Temperatur permukaan dangkal merupakan nilai temperatur yang dihasilkan oleh fluida panas atau uap panas dari sistem panasbumi dekat permukaan. Sistem panasbumi merupakan sistem hidrotermal yang terdiri dari sistem tata air, proses pemanasan dan sistem *reservoir*. *Reservoir* merupakan sumber panas yang berasal dari proses sistem tata air dan proses pemanasan. Hasil penelitian secara jelas ditunjukkan pada gambar 5 pada lampiran. Pada gambar 4 tampak kenaikan nilai temperatur pada ketinggian 1600 m dpl hingga 2062 m dpl. Berdasarkan aktivitas magmatis kenaikan nilai temperatur pada ketinggian 1600 m hingga 2062 m kemungkinan diakibatkan oleh proses transformasi fluida panas. Proses transformasi fluida panas berasal dari *reservoir* yang mengarah ke

permukaan karena adanya perbedaan temperatur. Fluida panas mengkonduksikan panasnya kebatuan yang dilaluinya. Proses transportasi ini mengakibatkan batuan yang dilewati mengalami alterasi hidrotermal (perubahan batuan akibat proses fluida air panas). Akibat alterasi, batuan pada daerah pengukuran tersebut bersifat konduktivitas panas. Sifat konduktivitas panas batuan memudahkan panas untuk mengalir melalui batuan. Panas yang mengalir pada batuan ini, mengakibatkan suhu batuan bernilai tinggi. Berdasarkan analisis tersebut, kenaikan nilai temperatur yang terukur pada daerah penelitian disebabkan oleh panas dari batuan yang berasal dekat permukaan.

Kebolehjadian adanya potensi panasbumi di sisi sebelah utara gunung Merbabu telah ditunjukan oleh adanya kenaikan nilai temperatur setelah ketinggian 1600 m hingga 2062 m dpl yang merupakan anomali (seharusnya perubahan topografi yang lebih tinggi menghasilkan nilai temperatur yang lebih rendah).

Hubungan Emisi Gas Karbondioksida (CO_2) terhadap Ketinggian Dan Kebolehjadian Adanya Potensi Panasbumi. Berdasarkan daya larut uap magmatik, jenis gas magmatik yang kurang memiliki daya larut adalah nitrogen (N_2) dan karbondioksida (CO_2). Gas-gas nitrogen (N_2) dan karbondioksida (CO_2) seperti ini akan dilepaskan terlebih dahulu dari sebuah terobosan magma yang berada pada bagian permukaan kerak (Green and Ringwood, 1980). Karbondioksida (CO_2) memiliki sifat volatil yaitu tidak dapat bereaksi dengan unsur lain atau mudah menguap.

Karbondioksida (CO_2) berasal dari daerah *reservoir* yang menguap ke permukaan. Daerah *reservoir* mengandung uap panas dan fluida panas serta senyawa-senyawa kimia yang bersifat volatil dan nonvolatil. Gambar 6 pada lampiran, menunjukkan hubungan antara emisi gas karbondioksida (CO_2) terhadap ketinggian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada ketinggian 1457 m karbondioksida (CO_2) meningkat hingga ketinggian 1573 m. Setelah ketinggian 1573 m karbondioksida (CO_2) mengalami penurunan hingga ketinggian 2160 m. Berdasarkan kajian daya larut volatil dalam lelehan silikat, peningkatan kandungan emisi gas karbondioksida (CO_2) pada ketinggian 1457 m hingga 1573 m menunjukkan bahwa adanya batuan beku atau batuan hasil pendinginan lava basaltik. Batuan beku atau batuan dari hasil pendinginan lava basaltik dapat berupa *rockglass* seperti batuan beku basaltik, batuan beku basanit, dan batuan beku nephelinit. Pada batuan beku ini larutan gas karbondioksida (CO_2) dijelaskan sebagai karbonat yang terikat secara struktural ($\text{CO}_{2/3}$), dimana dalam lelehan batuan kaca (*rockglass*) hasil dari kritisasi magma yang kaya akan silika (*rhyolitic*) menjadi molekul-molekul karbondioksida (CO_2).

Kebolehjadian adanya potensi panasbumi di sisi sebelah utara gunung Merbabu telah ditunjukkan oleh adanya kenaikan nilai karbondioksida (CO_2) setelah ketinggian 1457 m hingga 1573 m dpl yang merupakan anomali, (seharusnya perubahan topografi yang lebih tinggi menghasilkan nilai emisi gas karbondioksida (CO_2) yang lebih rendah).

Kesimpulan

1. Dalam penelitian ini didapatkan hasil pengukuran yang menunjukkan nilai temperatur semakin meningkat pada ketinggian 1600 m hingga ketinggian 2062 m dpl.
2. Grafik hubungan emisi gas karbondioksida (CO_2) menunjukkan adanya perubahan pola pada ketinggian 1573 m, yang sebelumnya linear naik menjadi turun sampai topografi tertinggi titik pengukuran.
3. Peningkatan nilai temperatur permukaan dan kandungan emisi gas karbondioksida (CO_2) pada daerah penelitian di sisi lereng utara gunung Merbabu, diakibatkan oleh adanya kemungkinan daerah intrusi magma berupa fluida panas dan uap panas, yang mengindikasikan kebolehjadian adanya potensi panasbumi di sisi sebelah utara gunung Merbabu.

Saran

1. Diharapkan dilakukan penelitian lebih lanjut dengan metode temperatur dan karbondioksida (CO_2) pada semua sisi gunung Merbabu., untuk mengklarifikasi posisi sumber panasbumi.
2. Dapat dilakukan penelitian pada tempat yang sama dengan metode resistivitas untuk mengklarifikasi pola aliran hidrotermal.

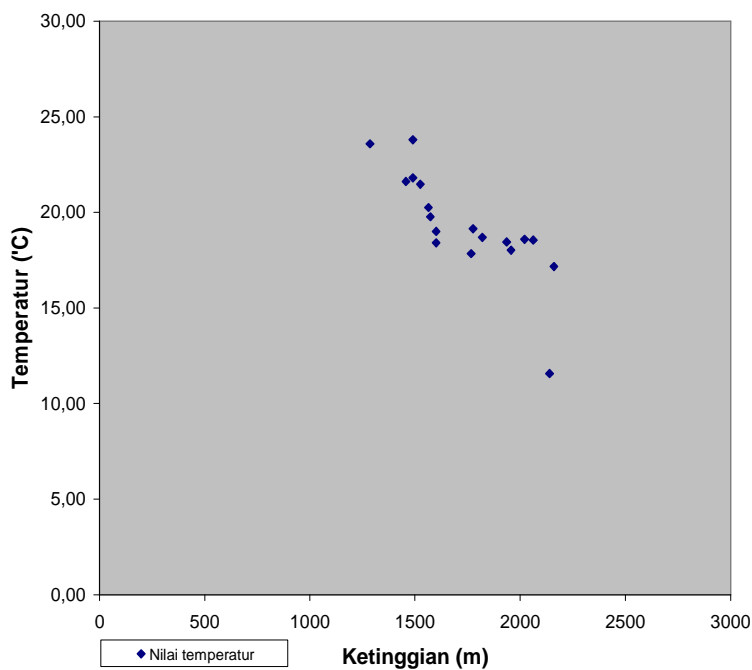
DAFTAR PUSTAKA

- Alzwar, M, Samodra. H, dan Tarigan, J.I, 1988, Pengantar Dasar Ilmu Gunungapi, Nova, Bandung.
- Aribowo Y, Utami. P dan Wahyudi, 2008 Karakteristik Kehilangan Panas Alamiah dan Alterasi Hidrotermal Permukaan di Area Manifestasi Gedung Songo dan Sekitarnya, Daerah Prospek Panas Bumi Ungaran Jateng, Prosiding IAGI ke-32, Jakarta.
- Bakosurtanal, 1999, Peta Rupabumi Digital Indonesia 1:25000, Lembar 1408-522 Ngablak, Bandung.
- Ehara. S, Fujimitsu. Y, Fukuoka. K, Araragi. K, 2006, *Volcanic Geothermal Systems and Distributions of shallow ground temperature and Shallow soil gas*, Kyushu University Japan.
- Green. D.H, and Ringwood. A.E, 1980, *The genesis of basaltic magma, Contrib. Mineral. Petrol.*, v . 15, 103-190.
- Donald. M, G.A.1972. *Volcanoes*, Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, New Jersey.
- Padang. N.V, 1951, Catalogue of the active Volcanoes of The World Including Solfatara Fields, Parts 1 Indonesia, Int.Volc.Assoc., Napoli, Italy.
- Rittmann, A, 1962, *Volcanoes and their activity*, John Willey and Sons, New York
- Setyawan A, Ehara. S, 2008, Peta Geologi Gunung Merbabu, *Geothermics Laboratory*, Kyushu University, Japan.
- Bemmelen, V.R.W., 1949. *The Geology of Indonesia*. The Hague Martinus Nijnhoff, Vol. IA.
- [http:// Sebaran Dan Pemanfaatan Energi Panasbumi Di Indonesia/Danni.Z.H-/2004/html](http://SebaranDanPemanfaatanEnergiPanasbumiDiIndonesia/Danni.Z.H-/2004/html).
- [http://kenragio.com/Peta administratif jawa tengah.Map2.jpg, 2008\)](http://kenragio.com/Petaadministratifjawaengah.Map2.jpg,2008)
- [Map2.jpg,2008.](http://kenragio.com/Petaadministratifjawaengah.Map2.jpg,2008)

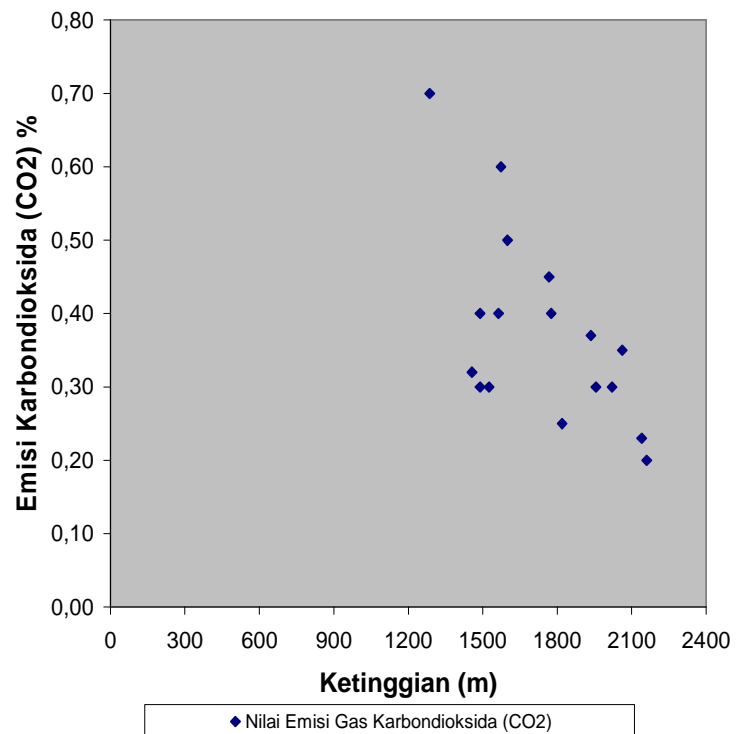
LAMPIRAN



Gambar 4. Lokasi gunung Merbabu Jawa Tengah ([http://kenraggio.com/Peta administratif jawa](http://kenraggio.com/Peta%20administratif%20jawa) tengah.Map2.jpg, 2008).



Gambar 5. Perubahan temperatur permukaan terhadap topografi dekat permukaan gunung Merbabu pada tanggal 3-4 Oktober 2007.



Gambar 6. Perubahan gas karbondioksida (CO₂) terhadap topografi dekat permukaan gunung Merbabu pada tanggal 3-4 Oktober 2007.